

Néhány talajvizsgálati módszer statisztikai értékelése

DZUBAY MIKLÓS

Délalföldi Mezőgazdasági Kísérleti Intézet, Szeged

Az újabb talajtani irodalomban [1, 2, 6], mint más tudományokban is az az irányzat, hogy a vizsgálati módszerek megbízhatóságát [7] vagy a jellemző tulajdonságok megállapítását [6, 8], valamint a javítási eljárások hatásosságának ellenőrzését [1] matematikai alapokra fektessék. Ezt a talajtakaró heterogén volta sürgeti.

A korszerű talajkutatás tehát megkívánja, hogy következtetéseinket ne egy-egy minta vagy szelvény adataiból, illetve összehasonlításából, hanem sok vizsgálat összevetéséből alakítsuk ki, mert az egyes értékek a véletlen eredményei is lehetnek [4], amelyek hibás megállapításokhoz vezetnek. Azt, hogy a kapott adat vagy kísérleti eredmény mennyire megbízható, valamint milyen határok között ingadozhat, csak statisztikai analízissel állapíthatjuk meg.

A szovjet szakirodalom [1, 8, 10] szerint a hibaszámítás bevezetésének elsődleges célja az volt, hogy meghatározzák a különböző talajjövezetekben a szolonyecceken a felveendő minták legkisebb számát, amely szükséges ahhoz, hogy a talaj egyes sajátságait megbízhatóan tükrözze. Mert, mint FERLINC [cit. 9] is megállapítja, a talajtulajdonságok még a párhuzamos mintákban is eltérőek. Ahhoz viszont, hogy a talaj dinamikáját bármilyen vonatkozásban (sómozgás, elszikesedés, javítás, tápanyagkészlet) megbízhatóan ki lehessen mutatni, elengedhetetlen a vizsgálati adatok szórásának felderítése. Pl. a talaj valamely tulajdonságának dinamizmusáról, ill. a javítás hatására bekövetkező változás bizonyosságáról csak akkor beszélhetünk, ha a vizsgált sajátság rendszeres eltérése nagyobb, mint az illető ingadozása. Természetesen, minél több szelvényt, mintát veszünk egy azonosnak megítélt területen belül, annál pontosabban jellemzik azok vagy az átlagminta az illető parcella, talajfolt tulajdonságait.

A vizsgálati adatok pontatlanságának, szórásának okait egy azonosnak látszó területen belül két részre bonthatjuk:

1. a talaj heterogenitása — ebben a mintavétel hibája is benne van — és
2. a műszer és a módszer objektív és szubjektív hibája. Értékelések alkalmával rendszerint nem szükséges e tévedési lehetőségek különválasztása, mert mindenkor együtt és minden vizsgálati eredményben előfordulnak. Esetenként azonban, mégis szét kell választani a kettőt — új eljárás, műszer alkalmazása, ismeretlen terület vizsgálata —, hogy biztonsággal állíthassuk, hogy az eltérések milyen okokra vezethetők vissza. Ez a kutatás irányítása miatt is fontos.

A mintavétel sűrűségét látszólag azonos minőségű területen belül főleg a következő tényezők befolyásolják:

1. a talaj heterogenitása (az egyes tulajdonságok, jellemzők szórása),
2. a talajvizsgálat célja (javítás hatásának kimutatása, elsősodás észlelése, tápanyagállapot értékelése, mikroszervezetek vizsgálata, térképezés stb.)
3. a vizsgálati eljárások hibája (módszer, egyén és műszer hiba),
4. a kívánt pontosság mértéke,
5. a vizsgálandó terület nagysága,
6. a laboratórium személyi, anyagi és műszer kapacitása.

Dolgozatunk tárgyát természetesen nem képezhetik a felvetett összes tényezők beható tanulmányozása, hanem célja elsősorban az, hogy bemutassuk a laboratóriumunkban alkalmazott néhány vizsgálati módszer általunk kapott adatainak szórási lehetőségeit, valamint, a terjedelem korlátozott volta miatt csak egy kísérleti hely heterogenitásából adódó talajjellemzők ingadozási lehetőségét. Hogy általában, számszerűleg talajtípustól vagy altípustól függően előírassuk a felveendő és a laboratóriumban vagy a helyszínen vizsgálandó minták számát, az elemzési adatok elégtelen volta miatt, most még nem áll módunkban. Célunk azonban az, hogy a későbbiek folyamán erre a kérdésre is válaszoljunk.

A dolgozatban szereplő adatok kémiai talajjavítást megelőző vizsgálatok, melyek alapján a javítást követően kerül majd sor a különböző változások értékelésére.

A felhasznált anyag és módszerek ismertetése

Az előzőekben tárgyalt célkitűzéssel vizsgálatokat végeztünk Kelemenzug (Ecesgfalva) és Pankota (Szentés) környékének különböző szikes és réti talajain. Emeltett helyek két-két gondosan kiválasztott 3 m²-es 400 m²-es területén szabályos elrendezésben 3—3, ill. 16—16 feltárást készítettünk. A mintavételi helyek talajai az újabb genetikus osztályozás szerint [5, 14] a következők voltak:

Kelemenzugon: digózott mély sztyeppesedő réti szolonyec és erősen szolonyec közepes sztyeppesedő réti szolonyec (3 m²-es mintaterületek).

Pankotán: réti talaj és szolonyec közepes réti szolonyec (400 m²-es területek).

A dolgozat terjedelmének korlátozott volta miatt csak az utóbbi típus vizsgálati eredményeivel foglalkozhatunk részletesen. BODRDGKÖZY szíves közreműködése alapján a talaj gyeptakarója a *Pholiuro-Plantaginetum puccinellietosum* növénytársulásba sorolható.

A szelvény leírása a következő:

Talajvíz 3 m-en. A cserebökényi, mucsiháti volt Kecskeméti tanyától DK-re, 300 m-re a meszes altalajterítéshez szükséges bányától. A gyepterület jellemző növényei: *Pholuris pannonicus*, *Plantago tenuiflora* és *Puccinellia distans* ssp. *limosa*, a parcellán még *Matricaria chamomilla* v. *salina*, *Hordeum hystris* és *Festuca pseudovina*. Szelvénytársulás 120 cm. Gyenge pezség 50 cm-től, erős 55 cm-től.

A 0—10 cm Világos szürke, tompa fényű, közepesen szerkezetes, nagy morzsás vályog. Gyökerekkel sűrűn átszőtt. Átmenet a B₁ alszintbe éles.

B₁ 10—20 cm Sötétszürke, tompa fényű, erősen szerkezetes rögös agyagos vályog. Gyökérmagmaradványokkal átszőtt réteg. Fokozatos átmenet a B₂-be.

- B₂ 20—50 cm Sötétszürke, selymes fényű, közepesen szerkezetes, nagy hasábos agyag. Kevés csillogó Na₂SO₄ kristály. A glaubersó főleg fehér pettyek alakjában. Kevés gyökérmaradvány. Határozott átmenet a következő alszintbe.
- B₃ 50—60 cm Szürkésbarna, selymes fényű, gyengén szerkezetes, közepesen nedves agyag. Sok puha CaCO₃ kiválás. A humuszbecsodódás vonalak alakjában e szint végéig ér. Átmenet a C₁-be határozott.
- C₁ 80—120 cm Sárgásbarna, selymes fényű, gyengén szerkezetes, közepesen nedves agyagos vályog. Kevés CaCO₃ kiválás. Barnás puha vas foltok. Ugyanitt sötét csíkok, pettyek találhatók.

A begyűjtött minták alapvizsgálatát, kationcseréjét Mehlich szerint [15], valamint a „T” érték meghatározását eljárásunk alapján [3] végeztük.

A talajheterogenitás megállapítása céljából a vizsgálati eredményeket 10 cm-es rétegenként statisztikai analízissel dolgoztuk fel. Kiszámítottuk: a számtani középértéket (\bar{X}), a szórást (s), a középhibát ($s\bar{x}$), a középérték szórását %-ban ($s\bar{x}\%$) és az eredmények variációs együtthatóját ($s\%$) [13].

A szórást az egyes elemzési adatok hibájának is nevezzük. A tapasztalat szerint, nagyszámú vizsgálat esetében a mérési eredmények (és hibáik) Gauss-féle normális megoszlást követnek. E sűrűségfüggvény (haranggörbe) alapján kiszámíthatjuk, hogy a $\bar{X}-ts$ és $\bar{X}+ts$ közé (középérték, szórás többszöröse) átlagosan a meghatározási adatok hány százaléka esik. Ha a szórás kétszeresét vesszük — ezzel az értékkel dolgozunk a továbbiakban (t kvantilis = 2) —, akkor e közbe normális eloszlás és elegendő mintaszám esetén már az elemzési adatok 95,45%-a jut. Mindössze 4,55% valószínűségű lesz tehát az, hogy a kapott eredmény eltérése a középértéknél nagyobb legyen, mint a szórás kétszerese [15, 16].

A vizsgálatokhoz felveendő mintaszám meghatározásakor az előbbieken kívül még szükséges a megbízhatósági (konfidencia) intervallum félhosszának (d) megválasztása is.

Ez az a tetszőlegesen választott megengedett hiba %, amelynek bizonyos mintaszám felel meg [11, 12]. Ezt — az 1, 2, és 4. táblázat d % alatti értékeivel — szükség szerinti %-os nagyságban jelölhetjük meg.

A kívánt pontosságot biztosító minták számának (N) megállapítására az előzőek alapján a következő képletet alkalmaztuk [10, 12]:

$$N \geq \frac{t^2 \cdot s^2}{d^2}$$

a „ t ” kvantilist, mint már említettük, 2-nek véve a számítások alkalmaival 95,45%-os megbízhatósági szintet érünk el. Hogy az átlagmintát hány egyes mintából képezzük (N), függ tehát attól, hogy a vizsgált talajtulajdonság mennyire változó (milyen a variációs együtthatója, $s\%$), és hogy milyen %-os hibát engedünk meg ($d\%$).

Kísérleti rész

A talajmintákat fúróval 60 cm-ig 10 cm-ként 16-os ismétlésben az ásóval feltárt és az előzőekben leírt típusszelvény genetikai szintjei szerint vettük. A 400 m²-es látszólag azonos minőségű parcelláról származó és egy időben 5×5 m-es kötésben vett fúrások mintaanyagát külön-külön vizsgáltuk.

Meghatároztuk az egyes mintáknak a táblázatokban szereplő kémiai és fizikai tulajdonságait, majd az értékeket vizsgálatok szerint rendeztük. A szel-

vényenként, ill. rétegenként kapott 12,16 eredmény középértékének (\bar{X}) kiszámolása után, és az ettől való eltérések (Δ) alapján megállapítottuk a szórást, valamint az értékelésekhez még szükséges matematikai statisztikai adatokat. Az így nyert eredményeket az 1. és 2. táblázat tartalmazza. Ezek az adatok a talajheterogenitásból adódó értékeken kívül, mint már említettük, magukban foglalják még a műszer, egyén és meghatározási eljárás szórását is. Ez utóbbi három hiba azonban az értékelés alkalmával nem zavar, mert minden vizsgálati eredményben benne van.

Hogy a műszer, egyén és módszer hibáját ellenőrizzük, ill. ezek közös szórási lehetőségeit megállapítsuk, a parcelláról begyűjtött anyagból átlagmintát készítettünk és tízszeres ismétlésben a táblázatokban szereplő vizsgálatoknak vetettük alá. Az egyetlen talajmintából származó 10 elemzés (1. és 2. táblázat), a kötöttségi szám vizsgálatának egy esetét kivéve (20–30 cm-es réteg), mindenkor kisebb ingadozást mutatott ($s_{\bar{x}}\%$), mint a megfelelő szelvények és elemzések adatai. A többi kísérleti területről származó átlagmintából meg-egyező célzattal végzett vizsgálatok szerint, 120 elemzés alapján, a kicserélhető Ca ion középértékének szórása $\%$ -ban ($s_{\bar{x}}\%$) 0,1–1,8, a kicserélhető Mg-é 0,2–0,6, az adszorbeált K ioné 0,3–0,9, az adszorbeált Na-é 0,1–0,7, és a „T” értéke 0,1–1,3 között ingadozott. Az egyes vizsgálatok valódi (abszolút) értékei pedig az előző sorrendben a következő $\%$ -os eltérést adták: 1,5–5; 1–10; 6–7; 1–6; és 0,5–5. Az egyes ionféleségek, ill. „T” érték (módszerhiba!) tehát sorozat vizsgálatok alkalmával esetünkben ezen utóbbi hibaszázalékkal határozható meg.

Az 1. és 2. táblázatból látható, hogy bár a mintavételi hely egyöntetűségére a kiválasztáskor különös gondot fordítottunk, mégis az egyes talajtulajdonságok mutatói, a számértékek az egyén, módszer és műszer hibáján felül esetenként jelentősen ingadoznak. Különösen nagy fokú hullámzást mutat a CaCO_3 és a lúgosság mint szóda $\%$. Szerintünk ez érthető, mert a két jellemző mélységbeli és mennyiségi megoszlása *megjelenéskor* általában 400 m²-en belül már a talajkilúgozás eltérő volta miatt is, igen hullámzó. Feltehető az, hogy a hibák — mivel a mész és a fenoltalein-lúgosság rendszerint egyszerre jelentkeznek — a mész felhalmozódásának formájától (micélium, lepedék, puha vagy kemény konkréciók) is függenek. Kisebb területen (3 m²), talajtípustól és altípustól függően a hiba $\%$ -a ugyan lecsökken, de még így is számottevő (10 és 50%). Ezenkívül, csak az utóbbi vizsgálat esetében a 16 feltárás nem elegendő, mert a módszer mintaigénye nagy és a lúgosság, mint szóda $\%$ a B_3 alszintben 30%-os, a 40–50 cm-ben pedig mintegy 60%-os hibával határozható meg. A talaj mésztartalmának megállapításakor viszont meg kell elégednünk az említett rétegekben az értékek 20, ill. 40%-os szórásával (1. táblázat).

Ha az elemzési adatokat tovább értékeljük, a következőket állapíthatjuk meg:

Az alapvizsgálatok közül az összes só $\%$ értékei jobban szórnak, középérték szórás $\%$ -uk nagyobb, mint a pH-é. A kötöttség vizsgálata átmenetet képez a kettő között (3. táblázat). A kicserélhető kationok hibáját pedig a sótartalom befolyásolja. Ez különösen jól látható a vízben kitűnően oldódó Na esetében. Itt, megegyezően az összes só $\%$ adatokkal, az időjárásnak legjobban kitett 0–20 cm-es rétegben nagyobb a szórás, mint a mélyebb szintekben. Ezt bizonyítja az is, hogy a „T” érték s $\%$ adatai — melyek könnyen oldható sókat nem tartalmaznak [3] — a kisebbek (1. és 2. táblázat). A jelen-ség (a kicserélhető kationok szórását a sótartalom befolyásolja) magyarázata,

hogy a talajkivonatban az oldható sók és az adszorbeált ionok egymás mellett fordulnak elő és ezért elemzéskor az eredményben együtt szerepelnek.

A pH meghatározás adatai, a végzett vizsgálatok közül a legkevésbé szórnak. A módszer a legkisebb mintaigényű. Kis területen belül (3 m^2) altípus-tól függően a feltalajban 2—3 mintából, ill. ebből készített átlagból 5%-os hibahatárral megállapítható. Középnagyságú talajfoltokban (400 m^2) a heterogenitás miatt a 2%-os hibaszint tartásához 9 körüli mintaszám szükséges (1. táblázat).

Az összes só % szikeseinkben igen változó érték, ezért a szórása ($s\bar{x}\%$, $s\%$) is jelentős. Az időjárásnak közvetlenül kitett rétegben (0—20 cm) altípus-tól függően 8—10 mintából, ill. ezek átlagából csak 15—25%-os hibával határozható meg. A mélyebb szintekben ilyenkor a 10 körüli % is elérhető (1. és 4. táblázat).

A szódában kifejezett lúgosság % adatai, mint már említettük, a legjobban szórnak (30—60%). A módszer hibája — itt nem közölt értékek alapján — a talajheterogenitás nélkül is 15—20 minta elemzésekor 10% körüli.

A CaCO_3 statisztikai adatai említett okok (külögzottság, terület nagyság) miatt altípusonként változó, és pedig vastagabb A szintben nagyobb, közepesen viszont kisebb mintaigényű. Ez függ a különböző mészhordó szintek helyzetétől (megjelenésétől), vastagságától, valamint a kiválások mennyiségétől.

A kötöttségi szám szórása eddigi tapasztalataink szerint talajfésésegektől bizonyos mértékben független érték. Kb. 10 minta vizsgálata, a 0—10 cm-es réteget kivéve 5% körüli hibát eredményez (1. táblázat).

Az eredményekből levonható következtetések

Az egyes vizsgálati módszerek adatai, mint azt a kísérleti részben már megállapítottuk, különböző mértékben szórnak. A 3. táblázat az egyéb hibakon kívül a talaj heterogenitásából is adódó középérték szórás %-okat tartalmazza. Csak abban az esetben állíthatjuk biztonsággal, hogy a változás (leromlás, javulás) bekövetkezett, ha a talajdinamikát jellemző értékek rendszeres eltérései az így kapott adatoktól (középérték szórás % figyelembevételével) szignifikáns eltérést eredményeznek. Ellenkező esetben, a statisztikai analízis szerint az eltérések a véletlen eredményei, a talajheterogenitás, a meghatározási módszer, az egyén és műszer hibájából származnak. Ez azt jelenti, hogy pl. két érték, X és X_1 különbségének megbízhatóságát ellenőrizni kívánjuk, akkor a legkedvezőtlenebb eshetőséget feltételezve kell figyelembe vennünk ezek középértékét szórás %-át ($s\bar{x}\%$, $s_1\bar{x}\%$). Ha ilyenkor is az értékek között különbséget észlelünk a megfelelő valószínűségi szinten számíthatunk arra, hogy az eredmény szignifikáns. Ezek alapján, ha két érték közötti különbség megbízhatóságát ellenőrizni kívánjuk, akkor minden vizsgált esetre ki kell számítani a szórást.

A 4. táblázat azon minták számáról tájékoztat, amelyeket a kívánt pontosság elérése céljából talajunk jellemzésekor feltétlenül meg kell vizsgálnunk. A variációs együtthatót valamennyi módszer szerint végzett számolás-kor, a legkedvezőtlenebb feltételek között, a legnagyobb értékkel szerepeltetjük. Az adatokból látható, hogy az alapvizsgálatok, a pH, a só és kötöttség kivételével, nagyobb mintaigényűek, mint a kicserélhető kation meghatározá-

1. tábl-

Pankota 85–100 sz. szoloncsákos közepes réti szolonyec

(1) Meghatározás	(2) Genetikai szint és mélység cm	(3) Ada- tok száma n	(4) Számítási középérték $\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$	(5) Szórás $s = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}}$	(6) Középhiba $s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}}$
pH (H ₂ O)	A 0–10	16	7,33	0,245	0,061
	B ₁ 10–20	„	7,29	0,227	0,057
	B ₂ 20–30	„	7,42	0,100	0,025
	30–40	„	7,62	0,109	0,027
	40–50	„	7,94	0,265	0,066
	B ₃ 50–60	„	8,45	0,279	0,069
	d) átlagminta	10	7,63	0,027	0,008
a) Összes só%	A 0–10	16	0,238	0,049	0,011
	B ₁ 10–20	„	0,880	0,320	0,080
	B ₂ 20–30	„	1,373	0,178	0,045
	30–40	„	1,361	0,174	0,043
	40–50	„	1,258	0,127	0,032
	B ₃ 50–60	„	0,958	0,225	0,056
	d) átlagminta	10	1,162	0,014	0,004
b) Lúgosság mint szóda%	A 0–10	16	—		
	B ₁ 10–20	„	—		
	B ₂ 20–30	„	—		
	30–40	„	gy. ny.		
	40–50	„	0,027	0,030	0,008
	B ₃ 50–60	„	0,080	0,050	0,012
	d) átlagminta	10	0,026	0,005	0,001
CaCO ₃ %	A 0–10	16	—		
	B ₁ 10–20	„	—		
	B ₂ 20–30	„	—		
	30–40	„	ny.		
	40–50	„	3,07	2,450	0,612
	B ₃ 50–60	„	11,42	4,458	1,115
	d) átlagminta	10	2,51	0,100	0,031
c) Kötöttség	A 0–10	16	39,4	4,590	1,147
	B ₁ 10–20	„	52,4	4,274	1,068
	B ₂ 20–30	„	57,3	3,011	0,753
	30–40	„	59,0	4,163	1,041
	40–50	„	61,9	5,727	1,432
	B ₃ 50–60	„	62,1	5,808	1,452
	d) átlagminta	10	54,5	2,550	0,806

d = vizsgálati adat eltérése a középértéktől; x = vizsgálati adat.

Talajminták száma $N \geq \frac{t^2 s^{\%2}}{d^{\%2}}$; 95,45%-os megbízhatósági szinten a $t = 2$.

[illegible]

2. tábl-

Pankota 85—100 sz. szoloncsákos közepes réti szolonyec

(1) Meghatározás	(2) Genetikai szint és mélység cm	(3) Adatok száma n	(4) Számítási középérték $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$	(5) Szórás $s = \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{n-1}}$
Kicsérélhető Ca	A 0—10	12	2,99	0,459
	B ₁ 10—20	„	1,78	0,563
	B ₂ 20—30	„	3,23	0,977
	30—40	„	8,16	3,149
	40—50	„	9,95	3,690
	B ₃ 50—60	„	9,68	1,100
	d) átlagminta	10	8,04	0,446
Kicsérélhető Mg	A 0—10	12	8,37	0,567
	B ₁ 10—20	„	13,63	2,374
	B ₂ 20—30	„	16,39	2,187
	30—40	„	15,58	2,270
	40—50	„	13,56	2,231
	B ₃ 50—60	„	10,79	2,255
	d) átlagminta	10	13,90	0,133
Kicsérélhető K	A 0—10	12	0,34	0,054
	B ₁ 10—20	„	0,35	0,049
	B ₂ 20—30	„	0,37	0,055
	30—40	„	0,39	0,056
	40—50	„	0,39	0,057
	B ₃ 50—60	„	0,36	0,052
	d) átlagminta	10	0,36	0,007
Kicsérélhető Na	A 0—10	16	7,63	1,063
	B ₁ 10—20	„	16,23	2,265
	B ₂ 20—30	„	20,47	2,301
	30—40	„	21,21	2,314
	40—50	„	19,83	1,648
	B ₃ 50—60	„	17,07	1,002
	d) átlagminta	10	17,92	0,151
„T”	A 0—10	16	21,76	1,448
	B ₁ 10—20	„	26,70	2,007
	B ₂ 20—30	„	26,38	1,743
	30—40	„	23,21	4,054
	40—50	„	24,03	2,730
	B ₃ 50—60	„	27,06	1,978
	d) átlagminta	10	23,81	1,015

Δ = vizsgálati adat eltérése a középértéktől; x = vizsgálati adat.

Talajminták száma $N \geq \frac{t^2 s_{0\%}^2}{d_{0\%}^2}$; 95,45%-os megbízhatósági szinten a $t = 2$.

lázat

szelvények kicserélhető kation és „T” adatainak statisztikai értékelése

(6)	(7)	(8)	5	10	20	30	40
Középhehiba $s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n(n-1)}}$	Középtérték szórása %-okban $s_{\bar{x}}\% = \frac{100 s_{\bar{x}}}{\bar{x}}$	Variációs együttható $s\% = \frac{100 s}{\bar{x}}$	(9) %-os megengedett hiba (d%) esetén a vizsgálandó (átlagot képező) minták száma N				
0,133	4,5	15	36	9	<5	<5	<5
0,163	9,2	32	164	41	10	5	<5
0,282	8,7	30	144	36	9	<5	<5
0,909	11,1	39	244	61	15	7	<5
1,064	10,7	37	219	55	14	6	<5
0,317	3,3	11	19	5	<5	<5	<5
0,141	1,8	6	6	<5	<5	<5	<5
0,164	2,0	7	8	<5	<5	<5	<5
0,685	5,0	17	46	12	<5	<5	<5
0,631	3,8	13	27	7	<5	<5	<5
0,655	4,2	15	36	9	<5	<5	<5
0,644	4,8	16	41	10	<5	<5	<5
0,651	6,0	21	71	18	<5	<5	<5
0,042	0,3	1	<5	<5	<5	<5	<5
0,016	4,7	16	41	10	<5	<5	<5
0,014	4,0	14	31	8	<5	<5	<5
0,016	4,3	15	36	9	<5	<5	<5
0,016	4,1	14	31	8	<5	<5	<5
0,016	4,1	15	36	9	<5	<5	<5
0,015	4,2	14	31	8	<5	<5	<5
0,002	0,6	2	<5	<5	<5	<5	<5
0,266	3,5	14	31	8	<5	<5	<5
0,566	3,5	14	31	8	<5	<5	<5
0,575	2,8	11	19	5	<5	<5	<5
0,578	2,7	11	19	5	<5	<5	<5
0,412	2,1	8	10	<5	<5	<5	<5
0,250	1,5	6	6	<5	<5	<5	<5
0,048	0,3	1	<5	<5	<5	<5	<5
0,362	1,7	7	8	<5	<5	<5	<5
0,501	1,9	8	10	<5	<5	<5	<5
0,436	1,7	7	8	<5	<5	<5	<5
1,014	4,4	17	46	12	<5	<5	<5
0,683	2,8	11	19	5	<5	<5	<5
0,494	1,8	7	8	<5	<5	<5	<5
0,321	1,3	4	<5	<5	<5	<5	<5

sok. Az utóbbiak közül a K, Na ion és a „T” érték 10 körüli mintából, ill. ezek átlagából 10%-os szórással, a Mg 15, a Ca ion pedig 25%-os hibahatárral megállapítható. Ezek alapján tehát jelen esetben (400 m², szoloncsákos közepes réti szolonyec), a meghatározandó jellemzőtől függően a felveendő párhuzamos minták legkisebb száma 10–15. Ez a mennyiség szükséges ahhoz, hogy a talaj egyes tulajdonságait, a lúgosság mint szóda és CaCO₃ % kivételével megbízhatóan tükrözze. Ha az említett két jellemzőt is meg kívánjuk határozni, a minták számát jelentékenyen növelnünk kell.

Az értékelések során megállapítottuk, hogy a heterogenitásból adódó szórássok sok esetben jóval meghaladja, egy nagyságrenddel különbözik a módszer, műszer és egyén által elkövetett hibától.

Megállapítottuk továbbá, hogy bizonyos eljárások már eleve, magából a módszerből is adódó hibalehetőségek alapján nagy mintaigényűek. Ilyen pl. a lúgosság mint szóda %. Ezért itt, hogy a kívánt pontosságot elérhessük, több mintát kell vizsgálnunk, mert maga az eljárás 10% körüli szórást eredményez.

Vannak viszont módszerek, amelyek kis mintaigényűek. Ilyen a vizes pH általában a MEHLICH szerint kicserélhető kation és „T” érték meghatározások. Ezek hibája ritkán haladja meg az 1%-ot. (Az 1. és 2. táblázatban szándékosan a szélső esetek értékeit, a legnagyobb szórásokat tüntettük fel.)

Léteznek olyan eljárások is, amelyek módszerhibája közepes, így az előző két csoport közé sorolhatók. 1% körüli szórással meghatározhatók. Ezek képviselője a CaCO₃, az összes só % és a kötöttségi szám megállapítása.

3. táblázat

A vizsgálati eredmények középérték szórása %-a az 1. és 2. táblázatban szereplő „n” mintából készített átlag alapján

(1) Meghatározás	(7) s _x %	(1) Meghatározás	(7) s _x %
pH (H ₂ O)	<1	d) Kicserélhető Ca	3–10
a) Összes só%	2–9	„ Mg	2–6
b) Lúgosság mint szóda%	15–30	„ K	4–5
CaCO ₃ %	10–20	„ Na	1–4
c) Kötöttségi szám	1–3	e) Adszorpciós kapacitás „T”	2–4

A vizsgálati módszerek továbbá még két csoportra oszthatók. Az első csoportba tartoznak azok az eljárások, amelyek mintaigényét a talajheterogenitás és az említett többi tényezők csak mérsékelten befolyásolják. Ezek a talajtípustól, ill. altípustól kevésbé függő vizsgálatok. Képviselői a pH, a kötöttség és a „T” érték meghatározás. A második csoportba kerülnek viszont azok az eljárások, amelyek mintaszükségletét a talajheterogenitás jelentősen emeli. Ide sorolhatók az összes só, lúgosság mint szóda és a CaCO₃ %, valamint a kicserélhető kation meghatározások közül elsősorban az adszorbeált Na-ion elemzés.

Hogy végeredményben a kutatások folyamán hány mintát kell felvennünk, átlagolnunk és a laboratóriumban megvizsgálunk, azt a bevezetésben

4. táblázat

Az átlagminta készítéséhez felhasználandó minták száma
a talaj dinamizmusának tanulmányozásakor

(1)	(8)	10	15	20	25
Meghatározás	s%	(9) %-os megengedett hiba (d%) esetén a vizsgálandó talajminták száma			
		N			
pH (H ₂ O)	3	< 5	< 5	< 5	< 5
a) Összes só% 0-20 cm	36	—	23	13	8
„ „ >20 cm	23	21	9	5	< 5
b) Lúgosság mint szóda% CaCO ₃ %	63-111 40-80	—	—	—	25-79 10-41
c) Kötöttségi szám	12	6	< 5	< 5	< 5
d) Kicsérélhető Ca	39	—	27	15	10
„ Mg	21	18	8	< 5	< 5
„ K	16	10	5	< 5	< 5
„ Na	14	8	< 5	< 5	< 5
e) Adszorpciós kapacitás „T”	17	12	5	< 5	< 5

Talajminták száma $N \geq \frac{t^2 s_{\%}^2}{d_{\%}^2}$; 95,45%-os megbízhatósági szinten a $t = 2$.

említettek közül elsősorban a talaj típusa vagy altípusa, ill. ezek heterogenitása szabja meg. Általános elvként azonban elfogadható, hogy egy kísérleti területen és altípuson belül minél kilúgozottabb a talaj — azaz bizonyos tulajdonságok szempontjából a homogenizálódás mennyire előrehaladott —, annál kevésbé várható a vizsgálati eredmények szórása. Kisebb a talajheterogenitás. Kevesebb mintát kell felvennünk. Ezek alapján tehát a szoloncesák változatban általában nagyobb az értékek szórása, mint a kevésbé sós talajban. Egyes esetekben azonban fordított is lehet a helyzet.

Munkámhoz szükséges vizsgálatokban nyújtott értékes segítségért Ginál és Kelecsényi Istvánné kartársnőknek tartozom köszönettel.

Összefoglalás

A dolgozatban bemutattuk, hogy miképpen alkalmazható a statisztikai számítás a talajtulajdonságok értékelésére, valamint néhány meghatározási módszer adatainak milyenek a szórási lehetőségei. Vizsgáltuk továbbá, hogy mi az a legkisebb mintaszám, amely az adott esetben szükséges ahhoz, hogy bizonyos hibaszázalékkal ugyan, de jellemezze az illető talajt.

1. A párhuzamos feltárások megfelelő adataiból meghatározandó: a számtani középérték, szórás, középhiba, középérték szórása %-ban és a variációs együttható. Az utóbbi adat ismeretében, valamint a megbízhatósági szint és pontosság megválasztásával az $N \geq \frac{t^2 s_{\%}^2}{d_{\%}^2}$ képlet alapján az egyes módszerek talajmintaszámigénye meghatározható.

2. A vizsgált szoloncesákos közepes réti szolonyec talaj dinamizmusának 95,45%-os megbízhatósági szinten történő tanulmányozásához a 4. táblázatban szereplő mintaszám szükséges.

3. A talajvizsgálatok módszerhibája (tízszeres ismételtsben végzett átlagminta vizsgálatait alapján) három csoportba sorolható:

- a) 1% alatti szórású eljárások
- b) 1% körüli, és
- c) 10%-ot esetenként meghaladó szórású módszerek.

Az első csoport képviselői: a pH, Mehlich szerinti kation kicserélés és a „T” érték, a másodiké: a CaCO_3 összes só %, valamint a kötöttségi szám, a harmadiké pedig a lúgosság mint szóda %.

4. Az egyes vizsgálatok mintaszükségletét elsősorban a talaj heterogenitása szabja meg. A pH, kötöttség és „T” érték meghatározások mintaigényét a heterogenitás mérsékelten befolyásolja az összes só, CaCO_3 , lúgosság mint szóda %, valamint a kicserélhető Na-ion eljárásokét pedig jelentősen emeli.

Érkezett: 1964. június 1.

I r o d a l o m

- [1] ANTIPOV-KARATAEV, I. N.: Melioracija szoloncev v csernozernoj zone evropejszkoj csaszti SSSR. AN. Moszkva. 1960.
- [2] DEMOLON, A.: Dynamique du sol. Dunod. Paris. 1952.
- [3] DZUBAY, M.: A „T” érték lángfotometriás meghatározása Mehlich-módszerrel nyert talajoldatokból. Agrokémia és Talajtan. **9**. 271—276. 1960.
- [4] DZUBAY, M.: A másodlagos elszikesedés néhány tényezőjének vizsgálata Kelemen-zugon. Agrokémia és Talajtan. **13**. 39—50. 1964.
- [5] FÖLDVÁRI, Gy.: A magyar talajok genetikus osztályozásának egyes kérdései. Agrokémia és Talajtan. **11**. 455—468. 1962.
- [6] JACKSON, E. A., BLACKBURN, G. & CLARKE, A. R. P.: Seasonal changes in soil salinity at Tintinara, South Australia. Australian J. Agric. Res. Melbourne. **7**. 20—44. 1956. (OMgK 13 216. sz. ford.)
- [7] JUSTE, C. & DELMAS, J.: Emploi de l'acide ascorbique dans le dosage colorimétrique de l'acide phosphorique assimilable des sols. Annales Agronomiques. **10**. 343—347. 1959.
- [8] KADER, G. M.: O sztepeni var'irovanija himiceszskih szvoisztv szoloncev csernozernoi zoni. Poesvovedenie. (7) 115—121. 1956.
- [9] MANOJLOVIC, S. & GLINTIĆ, M.: Prilog poznavanju stanja i kretanja nitrata u zemljištu tipa csernozema. Zemljište i Biljka. **8**. 319—331. 1958.
- [10] Melioracija szoloncev v SSSR. Izd. Akad. Nauk. Moszkva. 1953.
- [11] MUDRA, A.: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Parey Berlin u. Hamburg. 1958.
- [12] PRÉKOPA, A.: Valószínűségelmélet műszaki alkalmazásokkal. Műszaki Könyvkiadó. Budapest. 1952.
- [13] SVÁB, J.: Statisztikai módszerek mezőgazdasági kutatók számára. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1961.
- [14] SZABOLCS, I. & JASSÓ, F.: A magyar szikes talajok osztályozása. Agrokémia és Talajtan. **8**. 281—300. 1959.
- [15] Talaj- és trágyavizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1962.
- [16] Talajvizsgálati módszerkönyv. Földtani Intézet. Budapest. 1944.

The Statistical Evaluation of Some Soil Examination Methods

M. DZUBAY

Institute for Agricultural Experiments in the Southern Part of the Great Hungarian Plain, Szeged

Summary

It is well known that soil properties even of samples originating from the same place are different. Therefore up-to-date soil research requires that conclusions may be drawn not from the data or comparison of one sample or soil profile each but from several examinations, since single values may be the result of mere chance. How far given experimental data are reliable and on what range they may fluctuate, can be only established with statistical analysis. If systematic deviations of data characteristic of soil dynamics significantly exceed the possibilities of standard deviation of the given experimental result it can be taken for certain according to the laws of the computation of errors that a change took place.

It is the intent of the present study to demonstrate which way the calculation can be applied to the evaluation of any experimental result, soil property, and to establish the requirement for samples of some soil examination methods widely used in practice at present, moreover to find out the number of minimum samples needed in the given case to be able to characterize it with a certain per cent of error though, the soil property in question.

1. From the corresponding data of parallel disclosures the following indices should be determined. (4) arithmetic mean value (\bar{X}); (5) standard deviation (s); (6) standard error ($s_{\bar{x}}$); (8) and the variation coefficient ($s\%$). The experimental results (x) follow a normal Gauss distribution from which it can be established what per cent of the data falls between $\bar{X} + ts$ and $\bar{X} - ts$. When taking the double of the standard deviation ($t=2$) 95.45 per cent of the values get in the interval. Thus from 20 experimental data 19 useful values are obtained on the average. When determining the number of samples to be applied in the examinations besides the above mentioned also the half length (d) of the confidence interval must be chosen which, calculated in per cent, ($d\%$) is found in Tables 1 and 3. The following formula was used for the determination of the number of samples (N)

$$N \geq \frac{t^2 s_{0.2}^2}{d_{0.2}^2}$$

2. From study at 95.45 per cent confidence level of the dynamism of the meadow solonchak-solonetz soil examined the numbers of samples shown in Table 3 are needed.

3. The methodic error of soil examinations, on the grounds of average sample examinations conducted in tenfold replications (10) can be ranged in three groups.

a) Proceedings with a standard deviation less than 1% e. g.: pH; (d) cation exchange according to Mehlich; (c) "T" value,

b) around 1 per cent and (e. g.: $\text{CaCO}_3\%$; (a) total salt %; (c) number of stiffness (sticky point) according to Arany,

c) methods with a standard deviation which in given cases exceeds 10% (e. g.: (b) alkalinity as soda %).

4. The requirement of samples of soil surveys conducted with various objectives (chemical soil amelioration, salination etc.) is determined first of all by the heterogeneity of the soil.

5. The requirement for samples of the determinations of pH, number of stiffness and "T" value is moderately influenced by the heterogeneity of the soil while it is significantly raised in the determinations of total salt %, CaCO_3 %, alkalinity as soda % and exchangeable Na ion.

Table 1. Meadow solonchak-solonetz profiles Pankota No. 85-100. Statistical evaluation of basic examination data. (1) Determination. (2) Genetic level and depth cm. (3) Number of examinations. (4)-(8) explanation in the text d : deviation of examination data from mean value. (9) in the case of the % tolerated error, $d\%$ the number of samples to be examined is N . a) total salt %, b) alkalinity as soda %, c) stiffness, d) average sample.

Table 2. Meadow solonchak-solonetz profiles Pankota No. 85—100. Statistical evaluation of exchangeable cation and "T" data. Columns as in Table 1.

Table 3. Mean value standard deviation % of examination results on the basis of an average from "n" samples. Columns as in Table 1 and/or in the text.

Table 4. Number of samples to be used for the preparation of average sample in study of soil dynamism. Columns as in Table 1.

Evaluation statistique de quelques méthodes de l'analyse des sols

M. DZUBAY

Institut des Expériences Agronomiques du Sud de l'Alföld, Szeged (Hongrie)

Résumé

C'est un fait connu que les propriétés des sols sont déviantes même dans le cas si les échantillons des sols proviennent du même endroit. C'est pourquoi l'étude moderne exige que nos conclusions ne soient pas tirés d'une date concernant un seul échantillon ou un seul profil ou de la comparaison de données singulières, mais qu'on se rapporte à plusieurs données, parce que les dates singulières peuvent résulter aussi d'un coup de hasard. Ce n'est que par l'analyse statistique que l'on peut déterminer quelle est la sincérité d'une donnée expérimentale et entre quelles limites elle peut varier. Si les divergences systématiques des données caractéristiques de la dynamique du sol excèdent significativement les possibilités de l'écart du résultat expérimental en question, l'on peut tenir selon les lois du calcul des erreurs le changement comme certain.

Le but de notre mémoire est de montrer comment on peut appliquer le calcul à l'évaluation d'un résultat quelconque d'examen concernant les propriétés des sols, et de déterminer combien d'échantillons faut-il prendre dans le cas de certaines méthodes d'analyse du sol employées largement dans nos laboratoires, et encore, quel est le nombre minima des échantillons nécessaires dans le cas donné pour caractériser, quoique avec un certain pourcentage d'erreur, la propriété du sol en question.

1. Il faut calculer d'après les données adéquats des échantillons pris parallèlement: (4) la moyenne arithmétique (\bar{X}); l'écart (s); (6) l'erreur moyenne ($s_{\bar{x}}$); l'écart moyen de la moyenne % ($s_{\bar{x}}\%$) et le coefficient de variation ($s\%$). Les résultats expérimentaux (x) suivent la répartition normale de Gauss. Cela permet d'établir quel est le pourcentage des données qui tombe entre $\bar{X}+ts$ et $\bar{X}-ts$. Si l'on prend la valeur double de l'écart ($t=2$) 95,45% des valeurs se trouve dans cette intervalle. Ainsi l'on obtient en moyenne 19 bonnes valeurs parmi 20 données expérimentales. Pour établir le nombre des échantillons à prendre pour les examens il faut encore choisir la demi-longueur de l'intervalle de confiance (d). (Cette valeur se trouve calculée en pour cent ($d\%$) dans les tableaux 1, 2 et 4). Pour établir le nombre des échantillons (N) nous nous sommes servis de l'équation

$$N \geq \frac{t^2 s_0^2}{d_0^2}$$

Pour l'étude de la dynamique du sol solonetz de prairie solontchaqueux examiné sur un niveau de confiance de 95,45% il faut prendre des échantillons en nombres figurant au tableau 4.

3. L'on peut ranger en trois groupes l'erreur méthodique des analyses des sols, d'après l'analyse d'échantillons moyens (d) (tableau 1 et 2) dix-fois répétée:

a) procédés avec un écart au-dessous de 1% /pH; échange des cation selon Mehlich (d), valeur „T” (e);

b) procédés avec un écart d'environ 1% ($\text{CaCO}_3\%$); salinité totale % (a), chiffre de consistance selon Arany (c);

c) procédés dont l'écart surpasse parfois 10% (alcalinité exprimée en soude (b)).

4. Le nombre d'échantillons à prendre pour les levés faits pour divers buts (amendement chimique du sol, état de la salinité, p. ex.) est déterminé en premier lieu par l'hétérogénéité du sol.

5. Le nombre des échantillons à prendre n'est influencé par l'hétérogénéité du sol que médiocrement dans le cas de la détermination du pH, du chiffre de consistance et de la

вaleur „T”. Il est significativement plus élevé dans le cas de la détermination de la salinité totale, du CaCO_3 , de l'alcalinité exprimée en pourcentage de soude et de l'ion-Na échangeable.

Tableau 1. Profils nos 85—100 d'un sol solonetz de prairie solontchaques à Pankota. Evaluation statistique des caractéristiques fondamentales. (1) Méthode employée. (2) Horizon génétique et sa profondeur cm. (3) Nombre des analyses. (4)—(8) L'explication se trouve dans le texte. *A*: Ecart de la donnée expérimentale de la valeur moyenne. (9) Erreur en % admissible, dans le cas de *d* % le nombre des échantillons à analyser est *N*. *a*) Salinité %, *b*) alcalinité, comme soude %, *c*) consistance, *d*) Echantillon moyen.

Tableau 2. Profils nos 85—100 d'un sol solonetz de prairie à Pankota. Evaluation statistique des données concernant les cations échangeables et les valeurs „T”. Désignations comme dans le tableau 1.

Tableau 3. Pour cent de l'écart de la valeur moyenne des résultats expérimentaux d'après la moyenne préparées de „n” échantillons. Désignations comme dans le tableau 1 et le texte, resp.

Tableau 4. Nombre des échantillons à prendre pour la préparation de l'échantillon moyen pour l'étude de la dynamique du sol. (1), (8) et (9), ainsi que *a*), *b*), *c*), *d*). Comme dans le tableau 1 et le texte, resp.

Статистическая оценка некоторых методов исследования почв

М. ДЗУБАИ

Научно-исследовательский Сельскохозяйственный Институт Южного Алфёльда, Сегед (Венгрия)

Резюме

Известно, что свойства почвы могут быть различными даже в том случае, если образцы взяты из одного и того же места. Поэтому современные исследователи почв должны формировать свои выводы не на основе данных одного отдельно взятого образца или монолита, а на основе многих анализов, т. е. некоторые данные могут быть результатом случайности. Достоверность тех или иных опытных данных, а также пределы их варьирования, можно установить только на основе статистического анализа. В случае если систематические отклонения данных, характеризующих динамику почвы, сигнификантно превышают возможные отклонения результатов данного опыта, изменения по законам статистического анализа — могут считаться достоверными.

Цель нашей работы — показать, каким образом может быть применен метод обработки данных для любого результата анализов, для оценки свойств почвы, а также ориентировочно установить какова потребность в образцах некоторых методов почвенного анализа, имеющих в настоящее время широкое применение в практике. Далее, каково минимальное число проб, которое в данном случае необходимо для того, чтобы (хотя и с учетом определенного % на ошибку) характеризовать свойства данной почвы.

1. На основе соответствующих данных параллельных профилей необходимо установить: (4) среднее арифметическое (\bar{x}), (5) квадратное отклонение (s), среднюю погрешность ($s_{\bar{x}}$), (7) показатель точности опыта ($S_{\bar{x}}\%$), (8) вариационный коэффициент ($S\%$). Данные опытов (x) показывают нормальное распределение по Гауссу. Из этого можно определить сколько процентов от опытных данных попадает в пределы $\bar{x} + ts$ и $\bar{x} - ts$. Если возьмем 2-х кратную величину квадратного отклонения ($t = 2$), тогда в эти пределы попадет 95, 45% от всех величин. Таким образом из данных 20-ти определений мы получаем 19 правильных значений. Для определения необходимого количества образцов для анализа, кроме упомянутого, необходим еще правильный выбор половинной длины интервала конфиденции (d). (Это значение, выраженное в % ($d\%$) можно найти в таблицах 1, 2 и 4). Для определения числа образцов (N) применяем уравнение:

$$N \geq \frac{t^2 s_{\bar{x}}^2}{d_{\bar{x}}^2}$$

2. Количество образцов необходимое для изучения динамики исследуемого солончакового лугового солонча на уровне 95, 45% конфиденции можно найти в таблице 4.

3. Методические ошибки при исследовании почв на основании данных анализа средних образцов, взятых в 10-ти кратной повторности, могут быть отнесены к трем группам:

а) Методы с ошибкой ниже 1%. (например определение pH), (d) определение состава обменных катионов по Мелиху, (е) определение величины «Т» (в) Методы с ошибкой около 1%. (например определение CaCO_3 по Шейблеру, (а) общее содержание солей, (с) коэффициент связности по Арань и т. д.). с) Методы с ошибкой превышающей иногда 10%. Например: (б) определение щелочности от соды в %.

4. Количества образцов для различных исследований, (например химической мелиорации почв, определения засоленности территории и т. д.) определяется в первую очередь комплексностью почвенного покрова данной территории.

5. Комплексность почвенного покрова незначительно влияет на количество образцов нужных для определения таких констант, как pH, число связности по Арань, ёмкость поглощения. Количество образцов, необходимых для определения общего количества солей в %, CaCO_3 , щелочности от соды в %, обменного натрия, повышается в зависимости от комплексности почвенного покрова.

Табл. 1. Разрезы №№ 85—100 солончакового лугового солонча из Панкота. Статистическая обработка данных общей характеристики почвенного типа. (1) Методы определения. (2) Генетический горизонт и глубина взятия образца. (3) число определений. (4)—(8) обозначения см. в тексте. Δ : отклонение данных анализа от среднего значения. (9) количество образцов (N) в случае допустимой погрешности в %, d %. а) общее содержание солей, в %. в) Щелочность как сода в %. с) Связность по Арань. d) Средний образец.

Табл. 2. Статистическая обработка данных состава обменных катионов и величины «Т» профилей солончакового среднего лугового солонча. Обозначения см. в табл. 1.

Табл. 3. Погрешность в % для средних значений данных анализа среднего образца, взятого из «n» количества образцов. Обозначения см. в таблице 1 или тексте.

Табл. 4. Количество образцов нужное для получения среднего образца при изучении динамики почвы. (1)—(8), (9), а также а), в), с), d), е) см. в таблице 1 или тексте.